Radiotelemetrische Untersuchungen von Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm während dosierter Arbeitsbelastung bei Männern und Frauen verschiedener Altersklassen

von

Peter Hans Gratzke

aus

Niederdorf

1979 m 254

Aus dem Institut für Arbeits- und Sozial-Medizin
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. med. H.Valentin)

Radiotelemetrische Untersuchungen von Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm während dosierter Arbeitsbelastung bei Männern und Frauen verschiedener Altersklassen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Peter Hans Gratzke
aus
Niederdorf

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät

der

Universität Erlangen - Nürnberg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof.Dr.G.Koch

Referent: Priv.-Doz.Dr.H.-J.Woitowitz

Koreferent: Prof.Dr.H.Valentin

Tag der mündlichen Prüfung: 22.2.1972

MEINEN ELTERN GEWIDMET

Ich danke meinem Doktorvater für die Überlassung des Themas und bedanke mich bei allen, die zum Gelingen dieser Arbeit mitgeholfen haben.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
1.0 Einleitung und Fragestellung	1
2.0 Untersuchungsgut und Auswahlkriterien	2
3.0 Untersuchungsmethodik	3
3.1 Geräte und Untersuchungstechnik	3
3.2 Untersuchungsplan	5
3.2.1 Belastungsart	5
3.2.2 Registrierung	5
3.2.3 Auswertung	6
4.0 Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen	7
4.1 Verhalten der Herzschlagfrequenz	7
4.1.1 Die Herzschlagfrequenz junger werktätiger Frauen und Männer	7
4.1.2 Die Herzschlagfrequenz älterer werktätiger Frauen und Männer	10
4.1.3 Die Herzschlagfrequenz weiblicher und männlicher Rentner	13
4.2 Verhalten des Elektrokardiogramms in den verschiedenen Kollektiven	15
5.0 Diskussion der Ergebnisse	19
6.0 Zusammenfassung	27
7.0 Literaturverzeichnis	29

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548611_0036

1.0 Einleitung und Fragestellung

Seit langem wird das Verhalten der Herzschlagfrequenz unter körperlicher Belastung als ein Kriterium der kardialen Leistungsfähigkeit betrachtet. Körperliche Belastung läßt sich auf dem Prüfstand mit Hilfe der heute verwendeten Fahrradergometer dosieren und in physikalischen Einheiten messen. Die Gewinnung der Herzschlagfrequenz (HSF) ist neuerdings unter Zuhilfenahme einer radiotelemetrischen EKG-Ableitung gegenüber den bisher verwandten Methoden stark vereinfacht. Sie stört den Probanden während des Versuchs nicht und gewährleistet eine laufende Überwachung des EKG. Dies ist besonders bei älteren Patienten von Vorteil.
Bei unseren Untersuchungen gingen wir von folgenden Fragen aus:

1. Wie groß ist der Streubereich der Herzschlagfrequenz in verschiedenen, nach Alter und Geschlecht definierten Gruppen Erwerbstätiger und Rentner vor, während und nach dosierter Arbeitsbelastung?
2. Wie häufig und welche pathologischen Abweichungen finden sich im EKG vor, während und nach dosierter Arbeitsbelastung?
3. Lassen sich aus der radiotelemetrischen Untersuchung des EKG und der HSF während Arbeitsbelastung Schlußfolgerungen hinsichtlich der Frühdiagnose und damit der Prävention kardiovaskulärer Erkrankungen oder Leistungseinbußen ziehen?

2.0 Untersuchungsgut und Auswahlkriterien

Zur Verfügung standen 229 Versuchspersonen. Es handelte sich um gewerbliche Arbeitnehmer und Rentner unter 70 Jahren aus einem steatitverarbeitenden Betrieb der elektrokeramischen Industrie. Auf Grund der Ergebnisse einer allgemeinen physikalischen Voruntersuchung wurden 67 Personen von der Belastung ausgeschlossen (Tab.1).

Tabelle 1: Auswahlkriterien für die Nichtbelastbarkeit aufgrund einer physikalischen Voruntersuchung

Belastungsausschluß wegen:	n
Bluthochdruck (systolisch über 200 torr, diastolisch über 120 torr)	29
Früheren oder jetzigen Herzerkrankungen (Infarkt, ausgeprägten stenokardischen Beschwerden)	13
Knochen- und Gelenkserkrankungen (LWS-Verkrümmungen, Hüftgelenkserkrankungen, Osteomyelitis)	8
Peripheren Durchblutungsstörungen (Claudicatio intermittens, variköser Symptomenkomplex)	4
Sonstigem (Beinamputation, sog.Apoplexie, Ischiassyndrom, Leisten- und Nabelbrüche, Zustand nach Operationen am Abdomen	13
Insgesamt	67

Bei 11 Personen kam es zum Belastungsabbruch. Als Gründe wurden "Kurzatmigkeit" und "Bandscheibenbeschwerden" angegeben. Andere Komplikationen traten nicht auf.
6 Personen konnten nur mit 30 Watt belastet werden. Ihre Ergebnisse werden deshalb hier nicht wiedergegeben. Die Aufteilung der 145 verbleibenden Personen nach Geschlecht und Lebensalter sowie die resultierenden biometrischen Daten gibt Tabelle 2 wieder.

Tabelle 2: Mittelwerte von Alter, Größe und Gewicht der 145 Probanden nach Aufteilung in verschiedene Untergruppen

		Alter $\bar{x} \pm s$	Größe $\bar{x} \pm s$	Gewicht $\bar{x} \pm s$
Frauen	< 40 Jahre n = 27	26,3 ± 6,8	161,6 ±5,3	63,1 ± 10,2
	≥ 40 Jahre n = 22	48,7 ± 8,5	158,1 ± 5,1	70,0 ± 8,8
	Rentner n = 28	62,6 ± 3,2	153,7 ± 5,0	68,6 ± 10,5
Männer	< 40 Jahre n = 22	3o,0 ± 7,4	172,8 ± 6,5	78,6 ± 11,2
	≥ 40 Jahre n = 13	51,4 ± 8,0	174,5 ± 4,5	86,4 ± 7,6
	Rentner n = 33	62,7 ±12,0	166,3 ± 5,9	72,1 ± 11,9

3.0 Untersuchungsmethodik

3.1 Geräte und Untersuchungstechnik

Die Arbeitsbelastung erfolgte am Universalergometer der Firma D a g a r t z, Typ 499, mit konstanter Tretkurbellänge, aber individuell angepaßter Sitzhöhe. Im übrigen fanden die Standardisierungsvorschläge zur ergometrischen Leistungsmessung von MELLEROWICZ et al.(1961) weitgehend Beachtung. Als Telemetriegeräte benutzten wir die Einkanaltelemetrieanlage der Firma H e l l i g e. Die biometrischen Meßdaten übertrug ein kleiner Hochfrequenzsender, der auf dem Rücken befestigt wurde. Verwendet wurden handelsübliche Silber/Silberchloridelektroden. Ihre Lokalisation entsprach einem Standardisierungsvorschlag von WOITOWITZ et al.(1970), das heißt einer Ableitung angenähert NEHB A. Die Ableitungspunkte lagen am Sternalrand der 2.Rippe rechts und im 5.Interkostalraum

links zwischen Medioclavicularlinie und vorderer Axillarlinie. Auf der Empfängerseite war ein Oszillograph, ein Anzeigegerät und Schreiber für die Herzschlagfrequenz und ein EKG-Registrierer vorhanden. Letzterer arbeitete mit einem Papiervorschub von 50 mm/sec.
Das EKG wurde nur intermittierend festgehalten. Die Beobachtung des Oszillographen gestattete ferner eine simultane Schreibung auffälliger EKG-Veränderungen. Der Herzschlagfrequenzlinienschreiber ermöglichte darüberhinaus ein einzeitiges und unmittelbares Tätigkeitsprotokoll. Die Hüllkurve der Herzschlagfrequenz ergab sich durch Integration gleichförmiger Rechtecksignale,ausgelöst durch R-Zacken. Als optimal erwies sich dabei eine Zeitkonstante T = 20 sec für den Integrator und ein Papiervorschub von 10 mm/min. Die Schreibereichung erfolgte täglich nach dem Zweipunkteprinzip mit 40 und 140 Impulsen/min. Die Zusammenschaltung der Geräteteile der Telemetrieanlage veranschaulicht Abbildung 1.

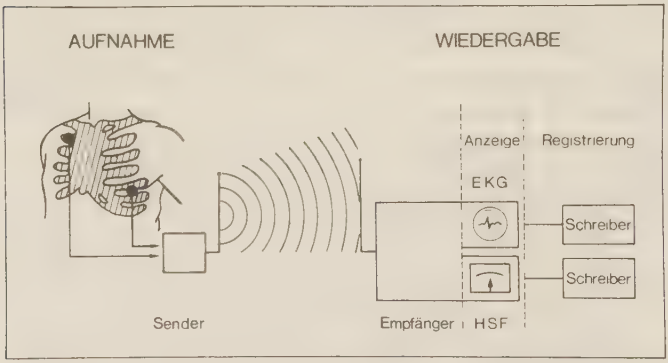

Abbildung 1: Schema der Übermittlung, Anzeige und Registrierung von Herzschlagfrequenz und EKG mit Hilfe der Radiotelemetrie

3.2 Untersuchungsplan

3.2.1 Belastungsart

Die Probanden saßen vor der Belastung 3 min lang auf dem Ergometer. Nach dieser Ruhephase begann die Arbeitsbelastung, die stets 60 Watt betrug. Erfahrungsgemäß wird diese Belastungsstufe auch von Frauen höherer Altersstufen toleriert. Die Tretkurbelarbeit dauerte 7 min, die anschließende Erholungsphase 6 min. Während dieser Zeit blieben die Probanden auf dem Ergometer sitzen. Der Untersuchungsgang galt einheitlich für alle Versuchspersonen. Die im Folgenden benutzten Bezeichnungen "Ruhe", "Belastung" und "Erholung" sind in dieser Weise definiert.

3.2.2 Registrierung

Die Herzschlagfrequenz (HSF) wurde kontinuierlich während Ruhe, Belastung und Erholung als Hüllkurve aufgezeichnet. Das Elektrokardiogramm (EKG) wurde intermittierend während der Ruhe dann aufgenommen, wenn die HSF über längere Zeit (20-40 sec) konstant war. Weitere festgelegte Zeitpunkte der Registrierung waren die 2., 4. und 6.-7. Minute während der Belastung und die 2., 4. und 6. Minute der Erholungsphase. Als Beispiel von Orginalkurven des EKG und der HSF sei Abbildung 2 angeführt.

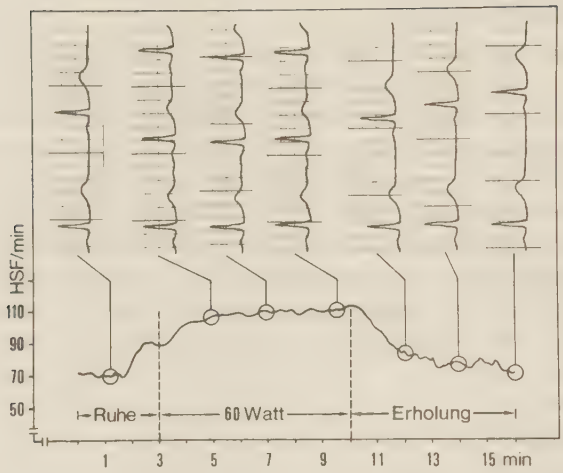

Abbildung 2: Rentner M.J., 68 Jahre. Kontinuierlich aufgezeichnete Hüllkurve der Herzschlagfrequenz und jeweils zugehörige intermittierend geschriebene Elektrokardiogramme unter Verwendung der Einkanaltelemetrie.

3.2.3 Auswertung

Aus den Hüllkurven der Herzschlagfrequenz wurde der aktuelle Wert am Ende jedes 30sec Intervalls abgelesen. Die statistische Berechnung der Mittelwerte, Standardabweichungen und Variationskoeffizienten erfaßte jeweils die zeitlich einander zugeordneten Werte aller Probanden eines der oben definierten Kollektive.

Das intermittierend geschriebene EKG jeder Versuchsperson stand in Form von 7 Streifen zur Verfügung. Dabei beurteilten wir immer drei aufeinander folgende Herzaktionen, deren PQ-Strecken in der Isoelektrischen lagen oder auf eine annähernd waagerechte Linie bezogen

werden konnten. Nach einem Standardisierungsvorschlag zur EKG-Beurteilung bei einer oder mehreren Brustwandableitungen von WOITOWITZ et al.(1970) klassifizierten wir als

a.) pathologisch:
Eine horizontale, muldenförmige oder deszendierende ST-Senkung $\geq$ 0,2 mV.

b.) fraglich pathologisch:
Senkungen des ST-Abganges mit aszendierendem Verlauf der ST-Strecke und T-Abflachungen bis zur T-Inversion..

c.) Veränderungen wie eine PQ-Verlängerung, av-Blokkierung, Schenkelblockbilder, gehäufte Extrasystolen, insbesondere polytope, ventrikuläre Extrasystolen sowie Vorhofflattern und -flimmern wurden gegebenenfalls deskriptiv aufgearbeitet.

4.0 Ergebnisse

4.1 Verhalten der Herzschlagfrequenz (HSF)

4.1.1 Die Herzschlagfrequenz junger, werktätiger Frauen und Männer

Die statistisch aufgearbeiteten Ergebnisse werden durch Abbildung 3 und Tabelle 3 wiedergegeben.
Bei den 27 unter 40-jährigen Frauen beträgt die Ruhefrequenz in den ersten 2 Minuten im Mittel etwa 92/min. In der letzten Ruheminute vor Belastungsbeginn steigt der Mittelwert auf 103/min an. Die Standardabweichung zeigt in Ruhe für die Gruppe wenig Veränderungen. Der Variationskoeffizient v liegt überwiegend zwischen 14,0 und 15,4%.
Die Adaptation an die geforderte Arbeit vollzieht sich in den ersten drei Minuten unter einer Zunahme der HSF von ca. 20/min, 5/min und 2/min. Danach wird das steady state erreicht mit Werten bei 132/min. Die Standardab-

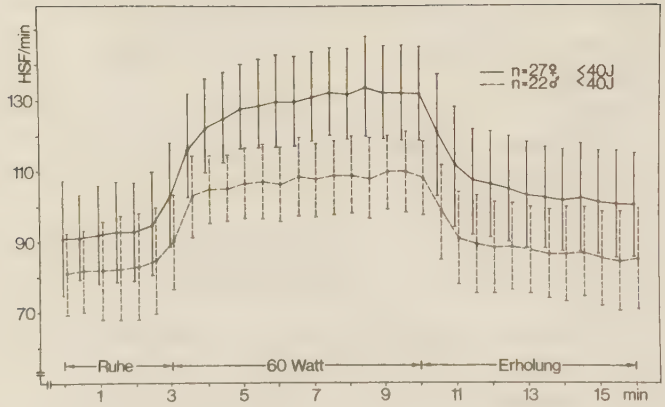

Abbildung 3: Mittelwerte $\bar{x}$ und Standardabweichung s der Herzschlagfrequenz von jungen werktätigen Frauen und Männern während Ruhe, einer Belastung von 60 Watt über 7 min und einer Erholungsphase von 6 min.

weichung ist im Vergleich zur Ruhe etwas geringer und bewegt sich bei 13/min. Der Variationskoeffizient sinkt jedoch mehrfach auf unter 10% ab.
In der Erholung fällt die HSF in den ersten drei Minuten um 20/min, 5/min und 3/min auf 103/min ab. Sie geht bis zum Ende der beobachteten Erholungsphase geringfügig weiter zurück bis ca. 101/min. Die Standardabweichung ist mit Werten bei 15/min im Durchschnitt deutlich höher als während der Belastung und übersteigt auch diejenige in Ruhe. Der Variationskoeffizient liegt zwischen 14 und 15% und nähert sich damit demjenigen der Ruhewerte.

Bei den 22 unter 40-jährigen Männern beträgt die Frequenz in den ersten zwei Minuten zu Beginn der Ruhephase etwa 82/min. Sie steigt vor Belastungsbeginn im Mittel um 8/min auf 90/min. Die Standardabweichung

Tabelle 3: Mittelwerte $\bar{x}$ mit Standardabweichung s und Variationskoeffizient v für die Herzschlagfrequenz pro min bei 27 weiblichen und 22 männlichen Arbeitnehmern unter 40 Jahren in Ruhe, während einer Belastung mit 60 Watt und der anschließenden Erholungsphase. Zeitintervall bei der Auswertung 30 sec.

	Frauen (n = 27)			Männer (n = 22)		
Zeit	$\bar{x}$	s	v(%)	$\bar{x}$	s	v(%)
			Ruhe			
0'	91.2	16.5	18.1	81.5	12.0	14.7
0'30"	91.3	12.8	14.0	81.9	11.7	14.3
1'	92.2	13.8	15.0	81.7	14.0	17.1
1'30"	93.5	14.4	15.4	82.8	14.5	17.6
2'	93.1	13.9	15.0	82.9	14.9	18.0
2'30"	97.2	14.3	14.7	84.5	15.0	17.7
3'	103.4	15.5	14.9	90.2	13.2	14.6
			Belastung			
0'30"	117.4	15.4	13.1	103.1	11.8	11.4
1'	122.8	13.3	10.7	105.2	9.9	9.4
1'30"	125.3	12.5	10.0	105.4	9.4	8.9
2'	127.6	11.8	9.2	106.7	9.9	9.3
2'30"	128.9	12.4	9.6	107.4	10.2	9.5
3'	129.7	13.0	10.0	106.5	10.7	10.0
3'30"	129.9	12.8	9.8	106.5	11.0	10.0
4'	131.3	12.7	9.6	108.1	10.7	9.9
4'30"	132.7	12.3	9.3	108.9	10.7	9.8
5'	132.1	12.8	9.7	109.1	10.7	9.8
5'30"	133.8	13.9	10.4	108.0	11.3	10.4
6'	132.3	13.0	9.8	109.3	11.1	10.2
6'30"	131.8	13.4	10.1	109.3	11.5	10.5
7'	132.0	13.1	9.9	108.4	10.8	10.0
			Erholung			
0'30"	120.5	17.2	14.3	97.7	13.8	14.1
1'	111.6	17.1	15.3	91.0	13.3	14.7
1'30"	106.8	15.2	14.2	89.3	14.1	15.7
2'	106.4	15.1	14.2	88.3	13.0	14.7
2'30"	105.1	15.1	14.4	88.5	12.3	13.9
3'	103.6	14.9	14.3	87.6	12.7	14.5
3'30"	102.3	14.4	14.0	86.5	12.8	14.8
4'	102.2	14.3	14.0	87.1	13.8	15.9
4'30"	102.6	15.1	14.8	87.6	12.9	14.7
5'	101.2	14.7	14.4	85.6	13.3	15.6
5'30"	100.7	14.7	14.4	84.7	14.0	16.6
6'	100.7	15.0	14.9	85.3	14.2	16.8

schwankt um 14/min. Der Variationskoeffizient weist Werte zwischen 14 und 18% auf.
Die Arbeitsanpassung ist durch ein Ansteigen der HSF um 15/min und 2/min auf 107/min in den ersten beiden Belastungsminuten gekennzeichnet. Das steady state liegt bei 108/min. Standardabweichung und Variationskoeffizient liegen mit je 10 min^{-1} bzw. % niedriger als in Ruhe.
In der ersten Erholungsminute sinkt die HSF um 17/min auf 91/min, in der zweiten nur noch um 3/min auf 88/min, und der Endwert nach langsamen Abfall ist ca. 85/min. Die Standardabweichung bei 13/min und der Variationskoeffizient bei 15% liegen höher als bei Belastung, aber etwas niedriger als in Ruhe.

4.1.2 Die Herzschlagfrequenz älterer werktätiger Frauen und Männer

Die statistisch aufgearbeiteten Ergebnisse dieser beiden Gruppen sind in Abbildung 4 und Tabelle 4 wiedergegeben.

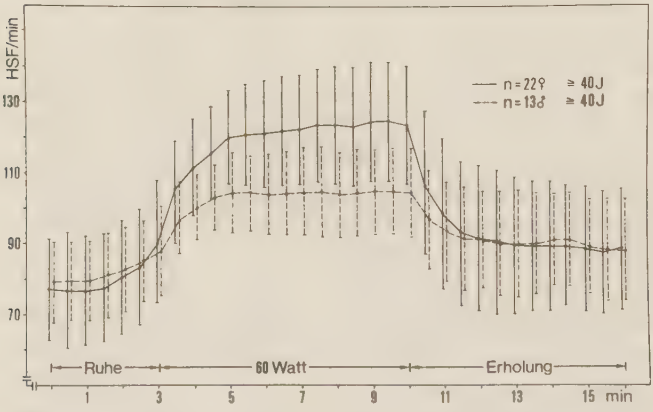

Abbildung 4: Mittelwerte $\bar{x}$ und Standardabweichungen s der Herzschlagfrequenz von älteren werktätigen Frauen und Männern während Ruhe, Belastung und in der Erholungsphase.

Tabelle 4: Mittelwerte $\bar{x}$ mit Standardabweichung s und Variationskoeffizient v für die Herzschlagfrequenz pro min bei 22 weiblichen und 13 männlichen Arbeitnehmern über 40 Jahren in Ruhe, während einer Belastung mit 60 Watt und der anschließenden Erholungsphase. Zeitintervall bei der Auswertung 30 sec.

	Frauen (n = 22)			Männer (n = 13)		
Zeit	$\bar{x}$	s	v(%)	$\bar{x}$	s	v(%)
			Ruhe			
0'	77.0	14.5	18.8	79.0	11.4	14.4
0'30"	76.5	16.4	21.5	79.4	11.1	14.0
1'	76.6	15.5	20.3	79.3	11.1	14.0
1'30"	77.7	15.6	20.1	80.9	12.0	14.8
2'	80.8	16.5	20.4	82.8	12.0	14.5
2'30"	83.8	16.3	19.5	85.2	11.4	13.3
3'	90.5	17.5	19.3	87.5	12.7	14.5
			Belastung			
0'30"	104.7	14.4	13.7	97.1	10.1	10.4
1'	111.8	13.8	12.3	100.3	9.4	9.3
1'30"	115.5	12.9	11.2	102.9	9.2	9.0
2'	119.1	13.3	11.1	104.2	9.8	9.4
2'30"	120.7	14.3	11.9	104.5	10.7	10.3
3'	121.2	15.1	12.4	104.0	11.2	10.8
3'30"	121.8	15.4	12.6	104.2	11.9	11.4
4'	122.5	15.6	12.7	104.6	12.5	12.0
4'30"	123.3	16.1	13.1	104.6	12.9	12.4
5'	123.2	16.7	13.5	104.0	12.5	12.0
5'30"	123.0	16.7	13.6	104.5	12.2	11.7
6'	124.4	16.6	13.3	105.1	12.3	11.7
6'30"	124.4	16.8	13.5	105.1	12.0	11.4
7'	123.5	16.9	13.7	104.3	12.6	12.1
			Erholung			
0'30"	108.0	19.2	17.8	96.8	14.0	14.5
1'	98.4	21.2	21.6	93.5	13.9	14.9
1'30"	92.9	2o.7	22.3	91.3	14.8	16.2
2'	91.5	20.6	22.6	90.9	13.9	15.3
2'30"	90.5	20.4	22.6	90.0	14.8	16.4
3'	89.3	19.5	21.8	89.8	15.3	17.0
3'30"	89.3	18.5	20.8	90.0	14.2	15.8
4'	89.2	18.5	20.7	90.8	12.9	14.2
4'30"	89.2	17.1	19.1	90.8	13.3	14.6
5'	88.5	17.7	20.0	89.1	13.5	15.2
5'30"	87.2	17.5	20.1	88.2	13.5	15.4
6'	88.2	17.3	19.6	88.0	14.3	16.3

Bei den 22 Frauen zwischen 40 und 59 Jahren beträgt die Ruhefrequenz etwa 77/min. Der Endwert vor Belastungsbeginn liegt dagegen bei 90/min. Die Standardabweichung zeigt Werte von ca.16/min und der Variationskoeffizient von 20%.
Bei Belastungsbeginn erhöht sich die Frequenz zunächst um 21/min in der ersten und um weitere 8/min auf 119 Herzschläge/min in der zweiten Arbeitsminute. Das steady state ist mit Frequenzen bei 123/min erreicht. Die Standardabweichung steigt von etwas weniger als 14/min kontinuierlich auf fast 17/min an. Der Variationskoeffizient liegt zwischen 11 und 14%.
Zu Erholungsbeginn fällt die Frequenz um 25/min und 7/min in der ersten und zweiten Minute auf 98/min und 91/min und bis zum Ende der Erholungsphase kontinuierlich auf 88/min ab. Die Standardabweichung nimmt in der 1.Minute von 21/min auf 17/min ab. Der Variationskoeffizient schwankt zwischen 17 und 23%.

Die 13 Männer im Alter von 40-64 Jahren weisen in der ersten Minute der Ruhephase eine HSF von 79/min auf. Sie steigt in den folgenden zwei Minuten bis zum Belastungsbeginn im Mittel um 8/min auf 87/min an. Die Standardabweichung bewegt sich zwischen 11/min und 12/min. Der Variationskoeffizient liegt konstant gering über 14%. Mit Frequenzzunahmen von 13/min und 4/min in der 1. und 2. Belastungsminute ist das steady state bereits bei 104/min erreicht. Es zeichnet sich durch besondere Konstanz aus. Die Standardabweichung sinkt in den beiden ersten Minuten auf fast 9/min ab und liegt später bei 12/min. Nach anfänglichem Absinken auf 9% steigt der Variationskoeffizient im späteren Belastungszeitraum auf 11 bis 12%.
Mit einem Abfall der HSF von 11/min und 3/min in der 1. und 2. Erholungsminute werden rasch 90 Herzschläge pro min für den Rest der Erholung erreicht. Die Stan-

dardabweichung liegt bei 14/min, der Variationskoeffizient zwischen 14 und 17%.

4.1.3 Die Herzschlagfrequenz weiblicher und männlicher Rentner

Die statistisch aufgearbeiteten Ergebnisse dieser beiden Gruppen geben Abbildung 5 und Tabelle 5 wieder.

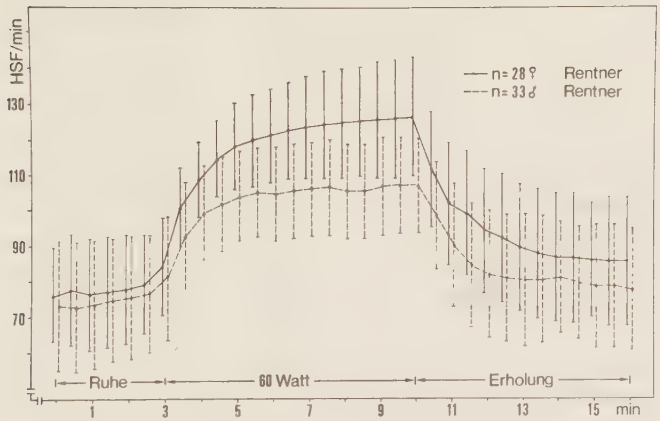

Abbildung 5: Mittelwerte $\bar{x}$ und Standardabweichungen s der Herzschlagfrequenzen von weiblichen und männlichen Rentnern während Ruhe, Belastung und in der Erholungsphase.

Die 28 weiblichen Rentner haben in Ruhe eine durchschnittliche Herzschlagfrequenz von 76/min. Vor Belastungsbeginn steigt sie um etwa 8/min an. Die Standardabweichung liegt im Mittel bei 15/min und der Variationskoeffizient zwischen 17 und 21%.
Nach einem steilen Anstieg von 24/min und 10/min in den beiden ersten Belastungsminuten wird das steady state im späteren Arbeitszeitraum mit 125/min erreicht. Die

Tabelle 5: Mittelwerte $\bar{x}$ mit Standardabweichung s und Variationskoeffizient v für die Herzschlagfrequenz pro min bei 28 weiblichen und 33 männlichen Rentnern in Ruhe, unter einer Belastung von 60 Watt und während Erholung. Zeitintervall bei der Auswertung 30 sec.

Zeit	Frauen (n = 28)			Männer (n = 33)		
	$\bar{x}$	s	v(%)	$\bar{x}$	s	v(%)
			Ruhe			
0'	75.9	13.9	18.3	72.9	18.4	25.2
0'30"	77.6	15.9	20.5	72.2	18.4	25.3
1'	76.3	16.0	20.9	73.6	18.1	24.6
1'30"	76.9	15.8	20.5	74.8	17.6	23.5
2'	77.9	15.3	19.7	75.4	17.5	23.3
2'30"	79.0	14.1	17.8	76.1	17.0	22.3
3'	84.0	13.9	16.5	80.7	17.3	21.5
			Belastung			
0'30"	100.4	11.3	11.3	92.7	15.3	16.5
1'	108.8	10.8	9.9	99.2	13.6	13.7
1'30"	114.5	10.9	9.5	101.9	13.1	12.9
2'	118.1	12.4	10.5	104.1	12.9	12.4
2'30"	119.6	13.0	10.9	105.5	12.9	12.2
3'	120.9	13.5	11.2	104.8	13.4	12.8
3'30"	122.5	13.9	11.4	105.5	13.3	12.6
4'	123.4	14.5	11.8	106.1	13.3	12.5
4'30"	124.1	15.2	12.2	106.2	13.4	12.6
5'	124.4	15.5	12.5	105.4	13.5	12.8
5'30"	125.0	15.5	12.4	105.6	13.6	12.9
6'	125.4	16.2	12.9	106.8	13.9	13.0
6'30"	125.6	16.6	13.2	107.0	13.9	13.0
7'	125.8	16.8	13.4	107.0	13.6	12.8
			Erholung			
0'30"	111.6	16.4	14.7	98.3	15.4	15.6
1'	101.8	17.6	17.3	89.6	17.2	19.2
1'30"	95.9	17.8	18.6	84.4	17.9	21.2
2'	94.0	17.8	18.9	81.8	18.0	22.1
2'30"	92.0	17.8	19.3	80.7	18.3	22.7
3'	89.4	18.1	20.2	80.7	18.6	23.1
3'30"	87.9	18.4	20.9	80.2	18.1	22.6
4'	86.6	17.9	20.7	80.8	17.2	21.1
4'30"	86.6	18.3	21.2	79.0	17.2	21.8
5'	85.7	17.6	20.5	78.5	17.4	22.2
5'30"	86.0	18.1	21.1	78.3	17.6	22.5
6'	85.6	18.4	21.5	77.5	17.7	22.8

Standardabweichung bewegt sich mit 11 Schlägen/min anfangs unter der Frequenz der Ruhewerte, bei Ende der Belastung liegt sie mit ca.16/min darüber. Der Variationskoeffizient zwischen 10 und 13% unterschreitet deutlich die Ruhewerte von 17-21%.
Nach Erholungsbeginn fällt die HSF mit 24/min und 8/min in den ersten beiden Minuten fast so schnell ab, wie sie bei Belastungsbeginn ansteigt. Der weitere Abfall geht jedoch langsam vor sich, sodaß bei Ende der 6-minütigen Erholungsphase die Herzschlagfrequenz um etwa 10/min über den Ruhewerten liegt. Die Standardabweichung bewegt sich ziemlich konstant bei 18/min. Der Variationskoeffizient beträgt etwa 20%.

Bei den 33 männlichen Rentnern steigt die Ruhefrequenz schon nach der ersten Minute von ca.73 langsam und in der letzten halben Minute schnell auf 81 Schläge/min an. Die Standardabweichung fällt in der Ruhezeit von 18/min auf 17/min und der Variationskoeffizient von 25 auf 21% ab.
Die ersten beiden Minuten der Ergometerbelastung sind durch einen Anstieg von 19/min und 5/min gekennzeichnet. Bei etwa 105/min wird das steady state erreicht. Die Standardabweichung weist konstante Werte bei 13/min auf. Der Variationskoeffizient bleibt mit 13% deutlich unter demjenigen der Ruhewerte.
Bei Erholungsbeginn geht die HSF um 18/min und 7/min fast entsprechend dem Anstieg bei Belastungsbeginn wieder zurück. Nach einem weiteren kontinuierlichen Abfall werden gegen Ende der beobachteten Erholungsphase die Ruhewerte nahezu erreicht. Die Standardabweichung fällt leicht von 18/min auf 17/min ab. Der Variationskoeffizient liegt im Mittel bei 22%.

4.2 Verhalten des Elektrokardiogramms in den verschiedenen Kollektiven

Tabelle 6 gibt die nachgewiesenen elektrokardiographischen Veränderungen in den 6 Kollektiven wieder.

Tabelle 6: Ergebnisse der intermittierend geschriebenen Elektrokardiogramme in den verschiedenen Kollektiven im Vergleich zu den Elektrokardiogrammen der Voruntersuchung. Abkürzungen: Ruhe(=R); 2.(=B1), 4.(=B2) und 6.-7.(=B3) Minute der Belastung; 2.(=E1), 4.(=E2) und 6.(=E3) Minute der Erholung.

Kollektiv		Nr.	Extrasystolen	ST-Senkung asz.	ST-Senkung muld.	Abflachung von T	EKG bei Voruntersuchung
Arbeitnehmer	< 40 J. weibl.	695				B 1,2	o.B.
		687				B 1,2,3	o.B.
		625		B 1		B 1,2	o.B.
		733				B 1,2,3	o.B.
	< 40 J. männl.	661			B 2,3 E 1		o.B.
	≥ 40 J. weibl.	619	E 3				ventrikuläre Extrasystolen
		617	R;B 1-3;E 1-3				o.B.
		712			B 2,3 E 1		o.B.
		686			B 2,3		T abgeflacht in V_{3-6},D,A
	≥ 40 J. männl.	638			B 2,3 E 1		O.B.
		670			B 1-3 E 1-3		ST-Senkung in II,V_{5-6},D
		610	R;B 1-3;E 1-3				o.B.
Rentner	weibl.	534	B 1				o.B.
		640				E 2,3	o.B.
		651	B 3				o.B.
		509	E 1				o.B.
		510	E 3				o.B.
	männl.	428	B 3;E 2		R B 1-3 E 1-3		o.B.
		528				R;B 1-3;E 1-3	ST-Senkung in V_{3-5},D,A
		715	B 1,2				T abgeflacht in V_{1-6},D,A,J
		488	R;B 1-3;E 1-3				o.B.
		521	B 3				o.B.
		529				R;B 1-3;E 1-3	o.B.
							Breites Q und spitzneg. T in $V_{1-5(6)}$,D,A

Bei den weiblichen Arbeitnehmern unter 40 Jahren findet sich einmal eine aszendierende ST-Senkung bei Belastungsbeginn mit zusätzlicher Abflachung von T. T-Abflachungen werden auch in drei weiteren Fällen während Belastung beobachtet. Das EKG bei der Voruntersuchung war jedesmal ohne pathologischen Befund.
Bei den männlichen Arbeitnehmern unter 40 Jahren zeigt lediglich ein Proband eine muldenförmige ST-Senkung im mittleren und späten Belastungszeitraum und im Anfangsteil der Erholungsphase. Das EKG bei der Voruntersuchung war ohne krankhaften Befund.
Bei den weiblichen Arbeitnehmern über 40 Jahren tritt einmal eine aszendierende ST-Senkung im mittleren und späten Belastungszeitraum und im Anfang der Erholung auf bei unauffälligem EKG der Voruntersuchung. Bei einem weiteren Fall von aszendierender ST-Senkung im mittleren und späten Belastungszeitraum ist im EKG der Voruntersuchung T in V_{3-6}, D und A abgeflacht. Eine Frau weist in der Erholungsphase Extrasystolen auf, die auch schon in der Voruntersuchung zu finden waren. Eine andere Probandin zeigt in sämtlichen EKG des Versuchs Extrasystolen, die vorher nicht verifiziert werden konnten.
Bei den männlichen Arbeitnehmern über 40 Jahren treten in einem Fall aszendierende ST-Senkungen im mittleren und späten Belastungs-EKG und im Anfang der Erholung auf. Das EKG der Voruntersuchung war unauffällig. Aszendierende ST-Senkungen bei Belastung und Erholung finden sich auch bei einem Probanden, dessen ST-Strecke schon bei der Voruntersuchung in II, V_{5-6} und D gesenkt war. Bei einem weiteren Mann erkennt man eine Abflachung von T in allen Ableitungen des Versuchs, ohne daß dieser Befund bei der Voruntersuchung erhoben werden konnte.

Bei den weiblichen Rentnern sind einmal T-Abflachungen in der Erholungsphase und bei vier anderen Frauen Extrasystolen nachweisbar. In je zwei Fällen treten diese während Belastung und Erholung auf. Das EKG der Voruntersuchung läßt jedesmal krankhafte Veränderungen vermissen.

Die männlichen Rentner zeigen absolut die meisten Abweichungen. Es handelt sich aber auch um das zahlenmäßig größte Kollektiv. Muldenförmige ST-Senkungen in allen EKG während des Versuchs zusammen mit Extrasystolen im Endteil der Belastung und bei Erholung werden einmal beobachtet. In einem Fall von T-Abflachungen in sämtlichen EKG während des Versuchs ist das T auch im EKG der Voruntersuchung in V_{1-6}, D und A und J abgeflacht und die ST-Strecke in V_{3-5}, D und A gesenkt. Ein weiterer Fall von T-Abflachungen mit teilweisem Übergang zur Negativität während der gesamten Versuchsdauer wies auch bei der Voruntersuchung ein breites Q und spitznegative T-Wellen in $V_{1-5(6)}$, D und A auf. Extrasystolen treten bei vier Probanden auf, einmal bei dem schon beschriebenen Fall mit gleichzeitiger muldenförmiger ST-Senkung, zweimal während Belastung und einmal in sämtlichen Ableitungen. Das EKG bei der Voruntersuchung ergab bei keinem der drei letztgenannten einen von der Norm abweichenden Befund.

5.0 Diskussion

Die Herzschlagfrequenz und das Elektrokardiogramm stellen bei Verwendung radiotelemetrischer Verfahren relativ einfach und weitgehend störungsfrei erfaßbare Größen der kardiozirkulatorischen Beanspruchung dar. Dies gilt sowohl bei psychischer wie bei physischer Belastung (WOITOWITZ et al. 1971). Bei Prüfstanduntersuchungen werden diese Größen heute zunehmend zur Beurteilung der Leistungsbreite des Herz-Kreislauf-Systems herangezogen. Voraussetzung im Rahmen arbeitsmedizinischer Fragestellung ist die Kenntnis der Streubereiche der Norm. Hierzu sind Untersuchungen an verschiedenen nach Alter und Geschlecht definierten Gruppen Erwerbstätiger und Rentner notwendig.
Einen Überblick zu früher publizierten Ergebnissen von Belastungsuntersuchungen im EKG hat RICHTER (1969) gegeben. Hinsichtlich der HSF ergibt sich darüberhinaus folgendes Bild (Tabelle 7).
Die Literaturübersicht zeigt, daß im Rahmen dieser Fragestellung bisher vorwiegend männliche Arbeitnehmer und Studenten im jüngeren und mittleren Lebensalter herangezogen wurden. Vereinzelte Studien, die das Rentenalter miteinbeziehen, beschränken sich auf männliche Probanden (ROBINSON 1938; NORRIS et al. 1953; REINDELL et al. 1968). Bei der Studie der Gesamtbevölkerung der amerikanischen Stadt Tecumseh (MONTOYE et al. 1968) befinden sich in der Altersgruppe der Rentner so wenig Teilnehmer, daß die Autoren selbst diesbezügliche Aussagen für fragwürdig halten. Die Ergebnisse der Prüfstanduntersuchungen sind bei den verschiedenen Autoren auch schon deshalb nicht direkt vergleichbar, weil sowohl die Belastungsarten (Fahrradergometer, Stufentests, "motordriven treadmill") als auch die Belastungsstärken und -zeiten sowie die Registrierungsmethoden stark divergieren.
Bei gesunden Werktätigen und insbesonders bei Rentnern beiderlei Geschlechts ist die Kenntnis der physiologi-

Tabelle 7: Übersicht zu bisher publizierten vergleichenden Prüfstanduntersuchungen der HSF bei Männern und Frauen verschiedener Altersklassen.

Autor / Jahr	n	Versuchspersonen Alter	Geschlecht/Beruf	Untersuchungsziel Alters-	Geschlechtsabhängigkeit
ROBINSON,S. 1938	48	20-71	♂ Studenten, Geschäftsleute, Univ.-angehör.	ja	-
METHENY,E. et al. 1942	17 30	20-27 19-23	♀ Studentinnen ♂ Studenten	-	ja
ASTRAND,P.O. 1952	31 21	20-25 20-33	♀ Studenten, ♂ Schüler	ja	ja
NORRIS,H. et al. 1953	140	20-92	♂ ambulante Patienten, Krkhausangestellte	ja	-
DURNIN,A., MIKULICIC,V.1956	24	20-65	♂ Hilfsarbeiter	ja	-
MELLEROWICZ,H. 1962	220 100	10-30 10-30	♂ Jugendliche, ♀ Studenten	ja	ja
CARDUS,D., W.SPENCER 1967	17	19-44	♂ Angestellte Arbeiter	ja	-
REINDELL,H. et al. 1967	453 364	10-75 10-39	♂ "Normalpersonen" ♀	ja	ja
MONTOYE,H.J.et al. 1968	2764 2648	10-69 10-69	♂ Gesamtbevölkerung Tecumseh ♀	ja	ja
RICHTER,K.1969	100	14-60	♂ Arbeitnehmer	ja	-

schen Variationsbreite der HSF lückenhaft. Als Anfang der systematischen Untersuchung dieses Fragenkomplexes haben wir daher bei 84 gewerblichen Arbeitnehmern und 61 Rentnern den Streubereich der HSF vor, während und nach einer Ergometerbelastung mit 60 Watt radiotelemetrisch untersucht. Die hier vorgelegten Ergebnisse können als Normwerte berufstätiger und nicht mehr berufstätiger Bevölkerung angesehen werden.

Die Gegenüberstellung der Mittelwertskurven der HSF aus

den einzelnen, nach Geschlecht und Alter unterteilten Gruppen Erwerbstätiger und Rentner vor, während und nach Belastung mit 60 Watt ist in Abbildung 6 wiedergegeben.

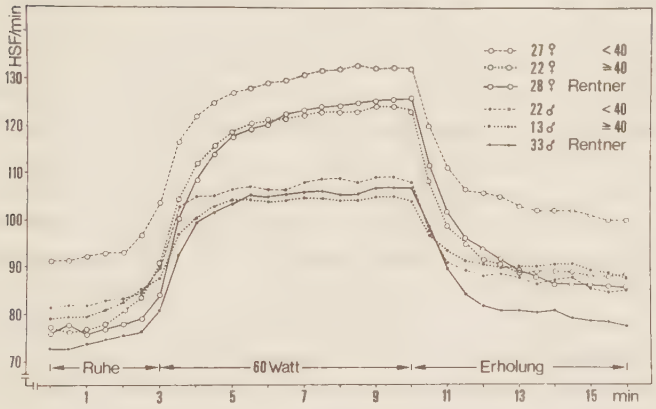

Abbildung 6: Mittelwertskurven der Herzschlagfrequenz bei den nach Alter und Geschlecht getrennten Kollektiven Erwerbstätiger und Rentner vor, während und nach Belastung mit 60 Watt.

Folgende Ruhefrequenzen konnten festgestellt werden: Bei den Frauen unter 40 Jahren ca. 92 Schläge/min, Frauen über 40 Jahren ca. 77 Schläge/min, weiblichen Rentnern ca. 76 Schläge/min, Männern unter 40 Jahren ca. 82 Schläge/min, Männern über 40 Jahren ca. 79 Schläge/min und männlichen Rentnern ca. 73 Schläge/min. Für beide Geschlechter ist also als Trend ein Abfall der Ruhe - HSF zum Alter hin zu beobachten. ROBINSON (1938), MELLEROWICZ (1962), REINDELL et al. (1967), ASTRAND (1968) und MONTOYE et al. (1968) fanden zwar eine signifikante Abnahme der HSF bei Kindern und Jugendlichen am Übergang

zum Erwachsenenalter. Bei verschiedenen Gruppen Erwachsener waren die Unterschiede jedoch nicht mehr signifikant. Als Trend ist aber auch bei den Ergebnissen dieser Autoren ein Abfall der HSF mit zunehmendem Alter zu beobachten.

Etwa 1 - 1 1/2 min vor Beginn der eigentlichen Belastung steigt die HSF bei den Frauen um 22 Schläge/min, bei den Männern um 8 Schläge/min an. Offensichtlich wirkt sich hier die psycho-vegetative Einstellung auf die zu erwartende Belastung aus. ROBINSON (1938), CARDUS & SPENCER (1968), BASSAN (1966) fanden vergleichbare Reaktionen. Nach CHRISTIAN et al. (1970) greifen gerade in Belastungssituationen emotionale und kortikale Einflüsse in das Regulationsgeschehen ein. Diese ergotrope Einstellung leitet eine Kreislaufreaktion noch vor der Belastung ein. Die einzelnen Kollektive reagieren dabei in sich geschlossen annähernd gleich, da die Standardabweichung bei dieser psycho-vegetativen Beeinflussung nicht zunimmt.

Betrachtet man die HSF-Mittelwertskurven bei Belastung, so fällt auf, daß der Einfluß des Geschlechts größer zu sein scheint als der des Alters. Bei Frauen stellten REINDELL et al. (1967) und METHENY et al. (1942) einen durchweg schnelleren Frequenzanstieg fest als bei Männern. Unsere Ergebnisse bestätigen diese Befunde. Nach Untersuchungen von REINDELL et al. (1967) sind die schnelleren Anstiege der Leistungsfrequenz bei Frauen auf deren kleineres Herzvolumen zurückzuführen. Herzvolumen und Schlagvolumen verhalten sich direkt proportional. Die kleineren Herzen der Frauen sind bei Belastung deshalb eher auf eine Frequenzregulation angewiesen als die größeren Herzen der Männer, die primär mit der größeren Schlagvolumenreserve regulieren.

Die männlichen Versuchsteilnehmer erreichen nach der etwa zweiminütigen Anstiegsphase relativ schnell ein Plateau. Die Anstiegsphase bei den Frauen bezieht demgegenüber die 3.Belastungsminute mit ein. Die Frequenzzunahme

beträgt zwischen der 4. und 6.Belastungsminute weit weniger als 8 Schläge/min und ist nach REINDELL et al. (1967) als steady state anzusehen. Bei unseren eigenen Ergebnissen liegen die Leistungsherzschlagfrequenzen im steady state bei den Frauen, bezogen auf die jeweilige Ruhefrequenz, um etwa 20 Schläge/min höher als bei den Männern mit gleicher Belastung. Zu gleichen Ergebnissen konnten auch METHENY et al. (1942), MELLEROWICZ (1962), HOLLMANN (1965), REINDELL et al. (1967) und MONTOYE et al. (1968) bei ihren Belastungsuntersuchungen kommen. MONTOYE et al. (1968) führen auf Grund eigener Untersuchungen und Literaturstudien diesen Geschlechtsunterschied auf die geringere Hämoglobinkonzentration (PRICE - JONES 1931), das kleinere relative Herzvolumen (ZOETHOUT & TUTTLE 1952) und die geringere arterio-venöse Sauerstoffdifferenz (CHRISTENSEN 1931) der Frauen zurück.
Bei beiden Geschlechtern können wir im Altersgang eine Abnahme der Belastungsfrequenz von den jüngeren zu den älteren Arbeitnehmern hin beobachten, jedoch einen erneuten Anstieg bei den Rentnern. Diese Bevölkerungsgruppe wurde von uns offenbar erstmalig intensiv untersucht. Vergleichszahlen in der Literatur konnten wir nicht nachweisen. MONTOYE et al. (1968) fanden bei der Studie der Gesamtbevölkerung von Tecumseh eine geringe Abnahme der Belastungsfrequenz im Rentenalter, stellten dieses Ergebnis wegen der geringen Fallzahlen jedoch selbst in Frage.
Bei den Untersuchungen von ROBINSON (1938) lag die Leistungs-HSF bei älteren Männern mäßig höher als bei 30 - 40 jährigen. REINDELL (1967) fand bei Männern eine Abnahme der Belastungs-HSF bis zur 6.Lebensdekade, dann jedoch wieder einen Anstieg. Wir können diesen von den genannten Autoren angedeuteten Altersgang aufgrund unserer Untersuchungen bestätigen und den Anstieg der Belastungsfrequenz besonders auch für die weiblichen Rentner aufzeigen.

Bei der Betrachtung der Standardabweichungen, der Parameter der Homogenität des Kollektivs, fällt auf, daß ihre Werte stets während der Belastung kleiner werden. Der Streubereich jedes Kollektivs nimmt bei körperlicher Arbeit ab. Im allgemeinen ist bei den Frauen die Streuung etwas größer als bei den Männern.
Untersucht man die Häufigkeitsverteilung der HSF in den einzelnen Kollektiven und nimmt für das erreichte steady state den Wert am Ende der 7.Belastungsminute als repräsentativ, dann ergibt sich folgendes Bild (Abb. 7 und 8). Aus den Abbildungen ersieht man, daß die Annahme einer Normalverteilung am Ende der 7.Belastungsminute nicht zutrifft. Die Kurven weisen überwiegend eine linksseitige Asymmetrie auf. Bei den oberen Normgrenzen ergeben sich jedoch keine Differenzen. Bei den männlichen Rentnern ist die außerhalb der oberen Normgrenze liegende Anzahl der Versuchsteilnehmer von 3% noch tragbar. Für die Diagnose einer eingeschränkten Adaptation des Kreislaufsystems eines Individuums an die geforderte Leistung von 60 Watt können als obere Grenze der Norm (Mittelwert zuzüglich zweifache Standardabweichung) folgende von uns gefundene Werte gelten:

Tabelle 8: Obere Grenzen der Norm für die Fahrradergometerbelastung mit 60 Watt bei Arbeitnehmern verschiedener Altersklassen und bei Rentnern beiderlei Geschlechts.

	HSF/min	
	♂	♀
Arbeitnehmer unter 40 Jahren	130	158
Arbeitnehmer über 40 Jahre	130	158
Rentner	135	160

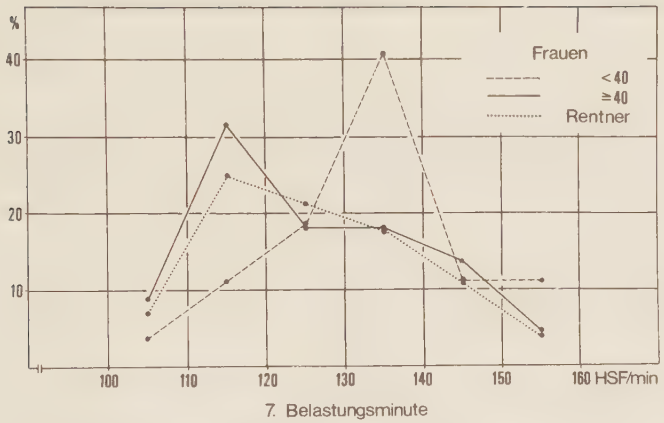

Abbildung 7: Prozentuale Häufigkeit der bei Frauenkollektiven verschiedener Altersklassen vorkommenden Herzschlagfrequenzen am Ende der 7.Belastungsminute.

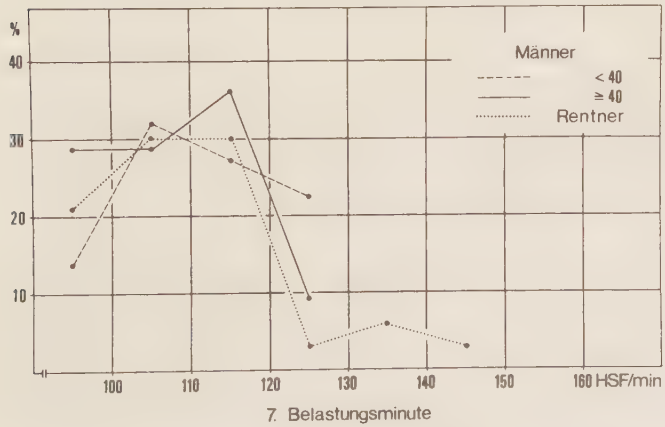

Abbildung 8: Prozentuale Häufigkeit der bei Männerkollektiven verschiedener Altersklassen vorkommenden Herzschlagfrequenzen am Ende der 7.Belastungsminute.

In der Erholungsphase fällt die HSF der Männer nach der ersten Minute insgesamt fast doppelt so schnell ab wie diejenige der Frauen. Die HSF der weiblichen Probanden kehrt im Mittel auch während des beobachteten 6-minütigen Erholungszeitraums langsamer zu Ruhewerten zurück. Bezüglich des Altersganges sahen wir ebenso wie ROBINSON (1938), NORRIS (1953), DURNIN & MIKULICIC (1956), CARDUS & SPENCER (1967) und MONTOYE et al. (1968) bei beiden Geschlechtern in der ersten Phase der Erholungszeit einen langsameren Abfall der HSF mit zunehmendem Alter. Nach einigen Minuten der Erholung sind diese Unterschiede allerdings nicht mehr sichtbar.

Beim Belastungs - EKG interessieren insbesondere diagnostische Hinweise auf Koronarerkrankungen. Erfahrungsgemäß treten vor allem ST-Streckenveränderungen während Belastung häufiger auf als in Ruhe. Auf Grund von Untersuchungen an 1300 berufstätigen Männern kamen SCHWEIZER et al. (1967) in der "Baseler Studie II" zu dem Ergebnis, daß die für die Koronarerkrankungen sprechenden Zeichen im EKG in einem Drittel der Fälle und die unspezifischen, das heißt prognostisch wichtigen Veränderungen zu 50% ausschließlich während Belastung auftraten. RICHTER (1969) hat in seiner Dissertation unter anderem die verschiedenen Beurteilungskriterien für das EKG in der Weltliteratur zusammengestellt. Wir haben uns nach den daraus abgeleiteten Standardisierungsvorschlägen zur EKG - Auswertung von WOITOWITZ et al. (1970) gerichtet.
Bei den 145 untersuchten Probanden fanden wir pathologische muldenförmige ST-Senkungen in 2 Fällen, fraglich pathologische aszendierende ST-Senkungen oder T-Abflachungen bis zur Inversion in 14 Fällen und Extrasystolen in 10 Fällen. Davon erbrachte das EKG in der Voruntersuchung 19mal keinen Befund, obwohl hierfür stets zwölf Ableitungen geschrieben wurden. Von den insgesamt 26 be-

obachteten Veränderungen im EKG traten 9 nur während der Belastung auf, 5 während der Belastung und Erholung, 4 nur bei Erholung und 6 während der gesamten Versuchsdauer bestehend aus Ruhe-, Belastungs- und Erholungsphase.

Eine eindeutige Abhängigkeit der Häufigkeit und einzelner Veränderungen von Alter und Geschlecht konnte nicht aufgedeckt werden. Hinzuweisen ist jedoch auf die Tatsache, daß in der Voruntersuchung mehrere Probanden wegen pathologischer EKG - Veränderungen vom Arbeitsversuch ausgeschlossen wurden. Auch diejenigen, die den Versuch abbrachen oder nur mit 30 Watt belastet wurden, sind in der Auswertung nicht berücksichtigt.

Die vergleichende Betrachtung der EKG - Ergebnisse aus einzelnen Kollektiven erlaubt nicht ohne weiteres qualitative Schlußfolgerungen hinsichtlich der Frühdiagnose oder Prävention kardiovaskulärer Erkrankungen oder Leistungseinbußen. Auf Grund der Ergebnishäufigkeit kann aber angenommen werden, daß es notwendig und sinnvoll ist, das EKG speziell während des Belastungsversuchs zu schreiben.

6.0 Zusammenfassung

Bei 145 Beschäftigten und Rentnern eines elektrokeramischen Industriebetriebes wurden die Herzschlagfrequenz und das Elektrokardiogramm bei dosierter Arbeitsbelastung untersucht. Es handelte sich um weibliche und männliche Kollektive von Arbeitnehmern unter 40 Jahren und über 40 Jahren sowie um Rentner beiderlei Geschlechts. Nach einer physikalischen Voruntersuchung unter Zugrundelegung eines Ausschlußkataloges erfolgte der Arbeitsversuch auf dem Fahrradergometer mit einheitlich 60 Watt. Während einer vorausgehenden 3-minütigen Ruhephase, der 7-minütigen Belastungsphase und der anschließenden 6-minütigen Erholungsdauer wurde die HSF als Hüllkurve kontinuierlich aufgezeichnet. Das EKG wurde einmal während

der Ruhephase, in der 2., 4. und 6.-7. Belastungsminute sowie in der 2., 4. und 6. Minute der Erholungszeit registriert. Die Abnahme, Übertragung und Aufzeichnung der biometrischen Daten geschah mit Hilfe einer einkanaligen Radiotelemetrieanlage einschließlich Zusatzgeräten.

Bei der Herzschlagfrequenz fanden sich charakteristische Alters- und Geschlechtsdifferenzen. Die Frauen zeigten in allen Altersgruppen höhere Ruhefrequenzen, steilere Anstiege und höhere steady state Werte während der Belastung sowie einen langsameren Abfall bei Erholung und eine verzögerte Rückkehr zu den Ruhefrequenzen im Vergleich mit den entsprechenden Altersgruppen der Männer. Ferner sahen wir eine Abnahme der Ruhefrequenzen zum Alter hin sowie bei Belastung eine niedrigere HSF der über 40-jährigen Personen gegenüber den jüngeren. Demgegenüber zeigten die Rentnerkollektive im Mittel wieder etwas höhere Werte der HSF bei der Belastung mit 60 Watt. Bei den älteren Probanden war die Rückkehr zu den Ausgangsfrequenzen nur unmittelbar nach der Belastung verzögert. In den späteren Erholungsminuten gab es keine Unterschiede mehr. Als obere Normgrenze der HSF kann für berufstätige Männer unter und über 40 Jahren 130 Schläge pro min, für Frauen entsprechend 158/min angenommen werden. Bei männlichen und weiblichen Rentnern sind HSF bis 135/min beziehungsweise 160/min während einer Belastung mit 60 Watt noch als normal anzusehen.

Die Auswertung des Elektrokardiogramms zeigte keine alters- oder geschlechtstypischen Befunde. Die als pathologisch, fraglich pathologisch und deskriptiv klassifizierten Veränderungen traten jedoch gegenüber dem Ruhe-EKG vermehrt während Belastung auf. Hierin kann der Sinn und die Notwendigkeit zur Durchführung eines Belastungs-EKG gesehen werden.

7.0 Literaturverzeichnis

Amendt, O.: Technische Konzeption telemetrischer Arbeitsplatzanalysen.
Mat.Med.Nordmark 22: 434-444 (1970)

Asmussen, E., E.H.Christensen und M.Nielsen: Pulsfrequenz und Körperstellung
Scand.Arch.Physiol. 81: 190-203 (1939)

Astrand, J.: Prognostic value of exercise electrocardiogram in older men.
Scand.J.clin.Lab.Invest. 23: 271-276 (1969)

Astrand, J., T.Lundman: The exercise electrocardiogram in coronary heart disease.
Scand.J.clin.Lab.Invest. 22: 301-306 (1968)

Astrand, P.O.: Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age.
Kopenhagen: Munksgaard (1952)

Bassan, L.: Über die Aussagekraft der Herzschlagfrequenz als physiologische Meßgröße in der Leistungsphysiologie.
Int.Arch.Gewerbehyg.Gewerbepath. 22: 262-281 (1966)

Blackburn, H.: The exercise electrocardiogram: Differences in interpretation. Report of a technical group on exercise electrocardiography.
Am.J.Cardiol. 21: 871-880 (1968)

Blohmke, M., H.Schaefer, S.Dressler, O.Stelzer und H.Strumpf: Elektrokardiographische Befunde bei arbeitsfähigen Männern in Ruhe, nach Belastung und zu Beginn und am Ende einer Kur bzw. eines Urlaubs.
Arch.Kreisl.Forsch. 52: 64-78 (1967)

Booyens, J. and G.R.Hervey: The pulse rate as a means of measuring metabolic rate in man.
Canad.J.Biochem. 38: 1301-1309 (1960)

Caceres, C.A. and H.J.Semler: Biomedical telemetry.
Academic Press New York and London (1965)

Cardus, D.: A study of the frequency of the heart in the early phase of recovery following muscular exercise.
Endicott,New York,5th IBM Medical Symposium: 255-268 (1963)

Cardus, D. and W.A.Spencer: Recovery time of heart frequency in healthy men: Its relation to age and physical condition.
Arch.Phys.Med.Reh.: 48: 71-77 (1967)

Cardus, D. and R.K.Ziegler: Heart-beat frequency curves. A mathematical model.
Comput.Biomed.Res. 1: 508-526 (1968)

Christensen, E.H.: Beiträge zur Physiologie schwerer körperlicher Arbeit.
Arbeitsphysiologie 4: 470-502 (1931)

Christian, P., G.Lanzinger, H.Mayer und H.Zolg: Die Reaktionsmuster der Pulsfrequenz unter besonderer Berücksichtigung der Kreislaufsofortregulation.
Z.Kreisl.Forsch. 59: 508-517 (1970)

Demling, L. und K.Bachmann: Biotelemetrie
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1970)

Denolin, H., R.Messin, S.Degré, P.Vandermoten and A.DeCoster: Influence of age on the behaviour of normal subjects during exercise.
Medicine and Sport, Karger, Basel/New York 4:309-315 (1970)

Durnin, J.V.G.A. and V.Mikulicic: The influence of graded exercise on the oxygen consumption, pulmonary ventilation and heart rate of young and elderly men.
Quart.J.Exp.Physiol. 41: 442-452 (1956)

Eichinger, U.: Radiotelemetrische Langzeituntersuchungen von Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm bei Arbeitern der Schwerindustrie.
Inaugural Diss.Erlangen (1971)

Eichler, J.: Anwendungsmöglichkeiten eines Telemetriesystems.
Z.Prakt.Anästh.Wiederbel. 4: 270-276 (1967)

Epstein, H.: Predicting coronary heart disease.
J.Amer.Med.Ass. 201: 795-800 (1967)

Falls, H.B.: Exercise physiology.
Academic Press New York and London (1968)

Hertle, F.H., H.Abel and H.Heidl: Die Abhängigkeit der Arbeitsfrequenz und Frequenzsteigerung bei einer submaximalen Ergometerbelastung von Alter und Gewicht.
Int.Z.angew.Physiol. 24: 320-332 (1967)

Hillebrecht, J., A.Meinberg und E.Jankowsky: Das dynamische EKG-System, eine neuartige Methode zur Früherfassung und Beurteilung von Herzerkrankungen.
Med.Sachverst. 8: 206-212 (1965)

Hillebrecht, J. und A.H.Lemmerz: Das dynamische EKG-System.
Med.Welt 30: 1682-1687 (1965)

Hinkle, L.E.: Tape recordings of the ECG of active men.
Circulation 36: 752-765 (1967)

Hinkle, L.E.: Studies in ecology of coronary heart disease.
Arch.Environ.Health. 9: 14-21 (1964)

Hollmann, W.: Körperliches Training als Prävention von Herz- und Kreislauferkrankungen.
Hippokrates Verlag, Stuttgart (1965)

Kaltenbach, M., R.Schaefer und H.Klebzig: Prognostische Bedeutung des Belastungs-Elektrokardiogramms.
Med.Klinik 62: 710-713 (1967)

Kirchhoff, H.W.: Die Telemetrie als Hilfsmittel der Arbeits- und Leistungsphysiologie
Arbeitsmed.Sozialmed.Arbeitshyg. 4: 112-116 (1969)

König, K., H.Reindell, K.Musshoff, H.Roskamm und M.Kessler: Das Herzvolumen und die körperliche Leistungsfähigkeit bei 20-60Jährigen gesunden Männern.
Arch.Kreisl.Forsch. 35-39 (1961)

Lachmann, A.B., H.J.Semler and R.H.Gustafson: Postural ST-T wave changes in the radioelectrocardiogram simulating myocardial ischemia.
Circulation 31: 557-563 (1965)

Le Blanc: Use of heart rate as an index of work output.
J.Appl.Physiol. 10: 275-280 (1957)

Lewes, D.: Multipoint electrocardiography without skin preparation.
World Med.Electronics 4: 240-245 (1966)

Lewes, D. and D.W.Hill: Application of multipoint electrodes to telemetry in patient-monitoring and during physical exercise.
Brit.Heart J. 29: 689-699 (1967)

Lönne, E., Ch.Lönne, J.Fahrenberg und H.Roskamm: Pulsfrequenzmessungen und EKG-Registrierung bei Autorennen.
Sportarzt.Sportmed. 3: 103-106 (1968)

Matzdorff, F.: Das Belastungs-EKG und das Langzeit-EKG.
Münch.Med.Wschr. 23: 1288-1293 (1969)

Maxfield, M.E. and L.Brouha: Validity of heart rate as an indicator of cardiac strain.
J.Appl.Physiol. 18: 1099-1104 (1963)

Mellerowicz, H., H.Reindell, W.Hollmann, H.Mies und H.Roskamm: Vorschläge zur Standardisierung der ergometrischen Leistungsmessung.
Z.Kreisl.Forsch. 50: 273 281 (1961)

Mellerowicz, H.: Praktische Ergometrie.
Landarzt 32: 1553-1556 (1968)

Mellerowicz, H.: Ergometrie.
Verlag Urban & Schwarzenberg, München-Berlin (1962)

Metheny, E., L.Brouha, R.E.Johnson, and W.H.Forbes: Some physiologic responses of women and men to moderate and strenuous exercise: A comparative study.
Amer.J.Physiol. 137: 318-326 (1942)

Montoye, H.J., P.W.Willis, and D.A.Cunningham: Heart rate response to submaximal exercise: Relation to sex and age.
J.Geront. 23: 127-133 (1968)

Moll, A. und F.Hamacher: Elektrokardiographische Funtionsprüfungen.
Tägl.Praxis 8: 337-348 (1967)

Norris, A.H., N.W.Shock, and M.J.Yiengst: Age changes in heart rate and blood pressure responses to tilting and standardized exercise.
Circulation 8: 521-526 (1953)

Price-Jones, C., D.B.Bill, and G.P.Wright: The concentration of haemoglobin in normal human blood.
J.Path.Bact. 34: 379-387 (1931)

Rautenberg, E.: Ergometrische Untersuchungen zur Leistungsfrequenz mit einfachen Hilfsmitteln.
Med.Welt 18: 479-483 (1967)

Reindell, H., K.König und H.Roskamm: Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1967)

Rettenmaier G.: Biotelemetriebericht über ein Symposium an der Medizinischen Universitätsklinik Erlangen.
Method.Inform.Med. 3: 165-167 (1969)

Richter, K.: Elektrokardiogramm und Pulsfrequenz vor, während und nach dosierter Arbeitsbelastung bei 100 berufstätigen Männern.
Inaugural.Diss.Erlangen (1969)

Riley, C.P., A.Obermann, T.D.Lampton, and D.C.Hurst: Submaximal exercise testing in a random sample of elderly population.
Circulation 42: 43-52 (1970)

Robinson, S.: Experimental studies of physical fitness in relation to age.
Arbeitsphysiologie 10: 251-323 (1938)

Roskamm, H.: Das Belastungs-EKG.
Elektromedica 4: 108-110 (1968)

Schäcke, G., H.-J.Woitowitz und R.Woitowitz: Moderne Langzeituntersuchungen von Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm am Arbeitsplatz.
Arbeitsmed.Sozialmed.Arbeitshyg. 7: 171-175 (1970)

Schnebel, W.G. and R.E.Elbel: Reaction of pulse to successive periods of exercise.
J.Appl.Physiol. 4: 7-14 (1951)

Schweizer, W., R.Bucher und L.K.Widmer: Über das Elektrokardiogramm während und nach körperlicher Arbeit bei 1300 berufstätigen Männern.
Schweiz.Med.Wschr. 4: 105-106 (1967)

Siegenthaler, W.: Klinische Pathophysiologie.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1970)

Steeger, D.: Langzeit-Pulsfrequenzmessungen an Lok- und Triebwagenführern der Deutschen Bundesbahn unter variierten Fahrbedingungen.
Der ärztliche Dienst DB 4/5: 57-66 (1969)

Strandell, T.: Heart rate , arterial lactate concentration and oxygen consumption during exercise in old men compared with young men.
Acta physiol.scand. 60: 197-216 (1964)

Valentin, H.: Arbeitsmedizin und Sozialmedizin in Lehre und Forschung.
Arbeitsmed.Sozialmed.Arbeitshyg. 12 (1966)

Woitowitz, H.-J., G.Schäcke, R.Woitowitz und H.Eichinger: Die Untersuchung von Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm während der Arbeitsschicht mit Hilfe von Radiotelemetrie oder Magnetspeicherung.
Ärztl.Forsch. 24: 46-58 (1970)

Woitowitz, H.-J., G.Schäcke und R.Woitowitz: Zur Erfassung psycho-vegetativer Balastungen am Arbeitsplatz mit Hilfe der Radiotelemetrie.
Arbeitsmed.Sozialmed.Arbeitshyg. 10: 259-262 (1971)

Zerdick, J. und H.Mellerowicz: Die ST-Senkung im Leistungs-Elektrokardiogramm
Z.Kreisl.Forsch. 10: 1128-1137 (1969)

Zoethout, D. and W.W.Tuttle: Textbook of physiology.
C.V.Mosby Co., St.Louis: 703 (1952)

Lebenslauf.

Am 3.September 1943 wurde ich, Peter Hans Gratzke, als erstes Kind des Prokuristen Otto Gratzke und seiner Frau Erna, geborene Migula, in Niederdorf (CSSR) geboren.

Die Volksschule besuchte ich von 1949 bis 1951 in Hohenhard, von 1951 bis 1954 in Wiesau. 1954 trat ich in die Oberrealschule Marktredwitz ein und bestand dort 1963 das Abitur.

Von 1963 bis 1964 leistete ich bei der Bundeswehr Wehrdienst.

Im Wintersemester 1964 begann ich an der Universität Erlangen - Nürnberg das Medizinstudium. Am 3. Mai 1967 legte ich die ärztliche Vorprüfung ab und bestand am 28. Juli 1970 die ärztliche Prüfung. Am 15. September 1971 erhielt ich die Approbation.

Im Rahmen meiner Ausbildung als Medizinalassistent war ich zuerst am Kreiskrankenhaus in Waldsassen tätig und später am Krankenhaus der Barmherzigen Brüder in Regensburg, wo ich jetzt als Assistenzarzt arbeite.

Regensburg, den 2.2.1972

Peter Hans Gratzke

Offsetdruck-Fotodruck
J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990